

Serhii Kononchuk, Assoc. Prof., PhD tech. sci., Oleksandr Skrypnyk, Assoc. Prof., PhD tech. sci., Volodymyr Sviatskyi, Assoc. Prof., PhD tech. sci., Viktor Pukalov, Assoc. Prof., PhD tech. sci.

Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine

Investigation of the Effect of Slag Trap Design on Slag Delay Efficiency in the SolidWorks Flow Simulation Parametric Modeling Environment

The most common technology for the manufacture of metal parts and work pieces is casting. High-tech branches of mechanical engineering require the production of high-quality castings of complex configuration from modern alloys with a given chemical composition and mechanical properties.

The analysis of the causes of slag inclusions and ways to prevent them showed that in addition to technological means related to quality preparation of metal before pouring, a significant role is played by quiet continuous pouring of metal and properly designed foundry system, including slag trap. However, the use of the most common foundry systems (braking, throttle, with centrifugal slag traps, rain, siphon) to increase the efficiency of slag retention is associated with increased metal consumption, and as a consequence, leads to an increase in the cost of casting. Conducting experimental research by varying the design of the slag trap leads to an increase in the number of field experiments, given their complexity, limited by great difficulties. On the other hand, computer flow modeling allows to study the influence of slag trap design on the flow rate of the melt at the design stage and significantly reduce the cost of introduction of new castings. In order to reliably capture slag and reduce the speed of movement of the melt in the foundries, which provides a smooth filling of the form with an alloy, but without additional costs of metal, the original design of the ribbed slag catcher is proposed. The results of parametric modeling of the melt flow in the channel of the ribbed slag trap showed a decrease in the flow rate along the cross-sectional height of the slag trap compared to traditional by 0.028 m / s or 14.5%. This allowed to reduce the length of the slag trap to the first feeder. The expected metal savings are 0.26%. The form made using a 3D model of the slag trap showed satisfactory molding ability.

But the obtained research results are of a recommendatory nature and require practical verification in the production environment. In addition, by varying parameters such as the height of the ribs, the distance between them, the angle of inclination, we can obtain similar results for different castings of different alloys. Given all this, there is a need for further study of the impact of the design of the slag trap on the efficiency of slag retention.

slag trap, slag inclusion, flow rate, gating system, 3D-model, metal consumption, sand-clay mixture, mouldability

Одержано (Received) 25.06.2020

Прорецензовано (Reviewed) 10.07.2020

Прийнято до друку (Approved) 19.10.2020

УДК 621.9.06

ОІ: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2020.3\(34\).117-129](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2020.3(34).117-129)

І.І Павленко, проф., д-р техн. наук, М.О. Годунко, доц., канд. техн. наук,

О.А. Кислун, доц., канд. техн. наук. Є.С.Костюк, асп.

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький,
Україна

e-mail: maksimgodunko83@gmail.com

Дослідження кутових переміщень платформи МПС із ріжучим інструментом

В статті виконано аналітичний розрахунок величини переміщення виконавчого органу верстата з механізмом паралельної структури (МПС) по лініям в поперечному напрямку під кутом. Досліджено вплив конструктивних параметрів МПС на значення цих переміщень виконавчого органу.

механізм паралельної структури, верстат, гексапод

И.И. Павленко, проф., д-р техн. наук, **М.О. Годунко**, доц., канд. техн. наук, **О. А. Кислун**, доц., канд. техн. наук, **Е.С.Костюк**, асп.

Центральнoукраїнський національний технічний університет, г. Кропивницький, Україна

Исследование угловых перемещений платформы МПС с режущим инструментом

В статье выполнен аналитический расчет величины перемещения исполнительного органа станка с механизмом параллельной структуры (МПС), по линиям в поперечном направлении под углом. Исследовано влияние конструктивных параметров МПС на значение этих перемещений исполнительного органа.

механизм параллельной структуры, станок, гексапод

Постановка проблеми. Для виготовлення деталей складних форм виникає необхідність переміщення різальних інструментів по лінії під визначеним кутом. Для цього використовуються верстати, обладнані механізмами паралельної структури. Лише дослідження рухомих можливостей цих механізмів дає можливість впроваджувати їх у виробництво.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Останні десятиріччя в машинобудуванні характеризуються широким впровадженням механізмів з паралельною кінематикою, і на даний час існує велика різноманітність таких структур. Незважаючи на те, що їх вивченню присвячується велика кількість досліджень, як у нас [1, 2, 3], так і за кордоном [4, 8, 9], та все ж вивчення таких структур має достатню актуальність.

Постановка завдання. Високорухомі верстати з МПС дозволяють виконувати обробку складних деталей, що вимагає обґрунтованого визначення конструктивних параметрів з метою підвищення ефективності їх виготовлення та використання. Важливою складовою ефективного функціонування верстатів з МПС є визначення впливу їх кінематико-геометричних параметрів на особливості просторової обробки нахилених поверхонь деталей під кутами, що складно виконати на традиційних верстатах.

Викладення основного матеріалу. У дослідженнях зосереджується увага на поперечному переміщенні центру рухомої платформи механізму паралельної структури (МПС) для верстату типу «гексапод», як матеріальної точки, що рухається вздовж лінії в залежності від кута дотику різального інструменту та перпендикуляру до площини оброблюваної поверхні (вісі симетрії МПС).

Для визначення можливих положень центру рухомої платформи розглянемо узагальнену схему МПС (рис.1) Враховуючи обмеження на переміщення, область можливих положень поділено на зони: $Z_{рп}$ - без різального інструменту; $Z_{рi}$ - зона положень вершини інструменту.

Деталь 1, що оброблюється, встановлюється на технологічному пристрої 2, який розміщується на основі МПС. Параметри верстата з МПС: a, b – відстань між опорами нерухомої несучої системи та виконавчого органу відповідно; L_{max} – максимальна довжина кінематичних ланок; l_{min} – мінімальна довжина кінематичних ланок; l_i – поточна довжина кінематичних ланок; l – величина поперечного переміщення; φ – кут нахилу виконавчого органу; h_i – поточне положення виконавчого органу МПС по висоті.

Оцінку рухомих можливостей визначаємо за показником переміщень, що являє собою відношення реальної величини переміщення l до теоретично можливої (приймаємо рівною максимальній довжині штанги L_{max}) [1,3]:

$$K_{nl} = \frac{l}{L_{max}}. \quad (1)$$

Для подальших розрахунків вводяться позначення:

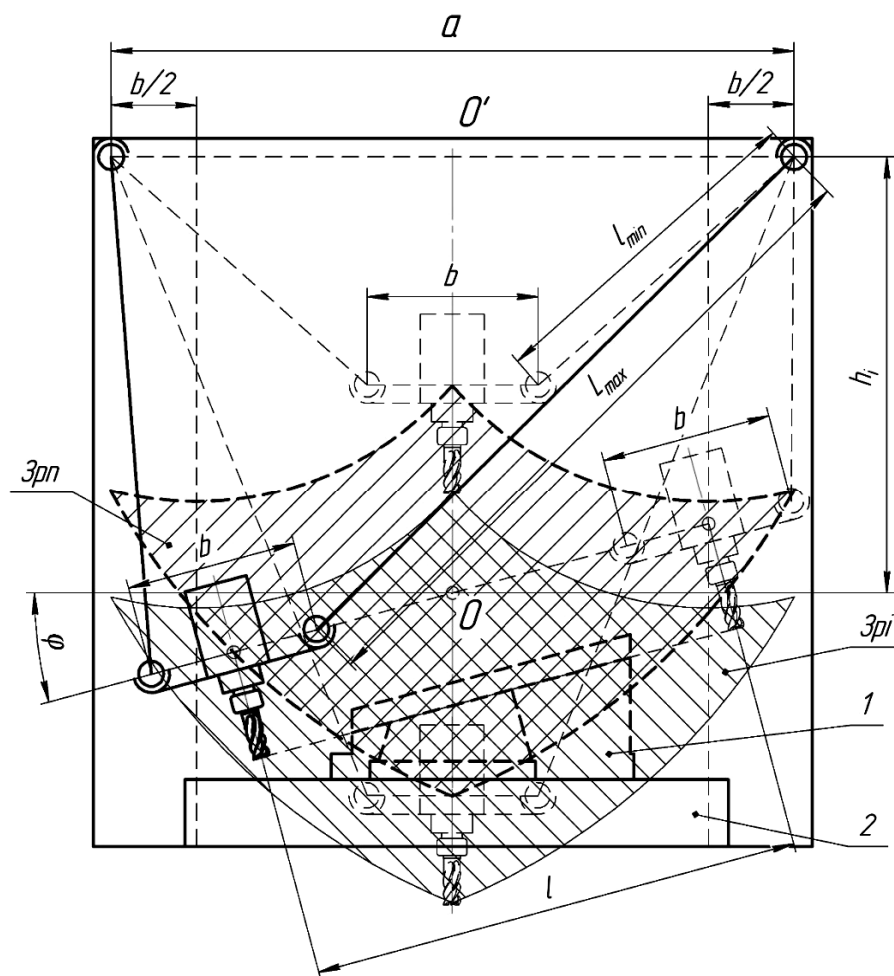


Рисунок 1 – Схема МПС та його зони обслуговування

Джерело: розроблено авторами [7]

$i_{\min} = \frac{l_{\min}}{L_{\max}}$ – відношення мінімальної довжини штанг до максимально можливої;

$n = \frac{b}{a}$ – відношення відстані між опорами рухомої та нерухомої платформ МПС;

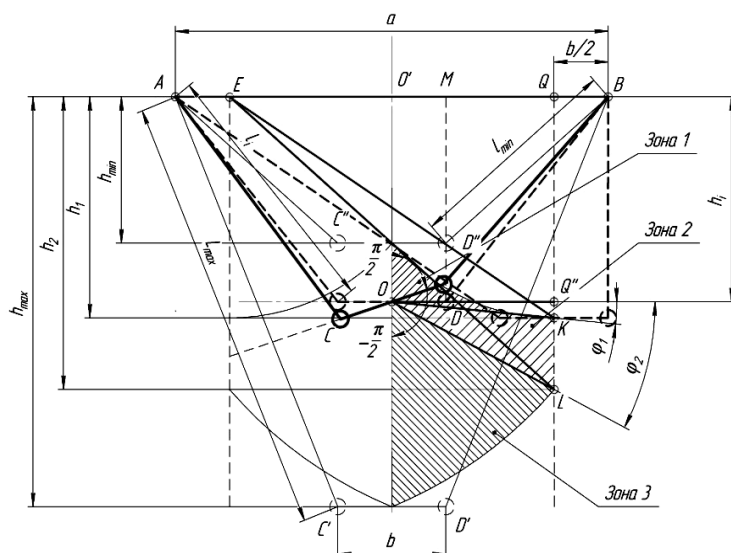
$m = \frac{a}{L_{\max}}$ – відношення відстані між верхніми опорами нерухомої платформи до

максимальної довжини штанг;

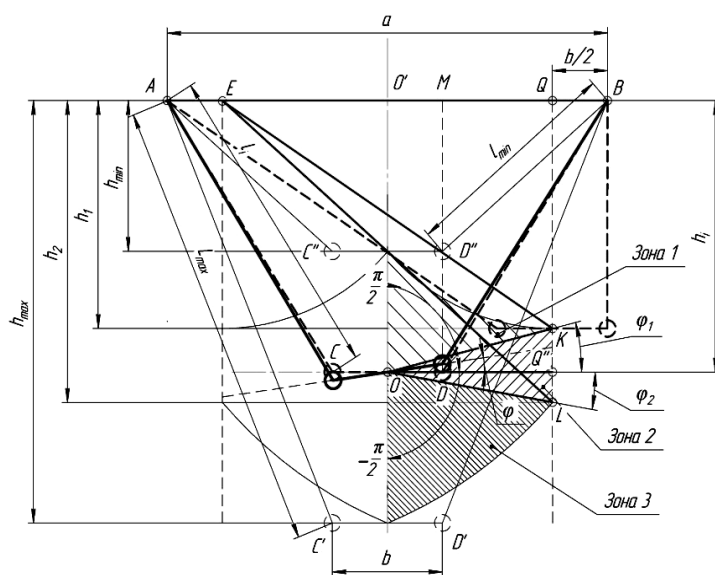
Вісь симетрії МПС з т. О в її центрі вибирається в якості вихідного положення переміщення рухомої платформи. В процесі обробки рухома платформа може нахилитися на кут φ до $\frac{\pi}{2}$, тобто діапазон зміни кута φ від $-\frac{\pi}{2}$ до $\frac{\pi}{2}$ (рис.2), обмеживши переміщення рухомої платформи умовою, що штанги не переходять за вертикальне положення.

Висота розміщення рухомої платформи в довільному положенні h_i визначається за формулою:

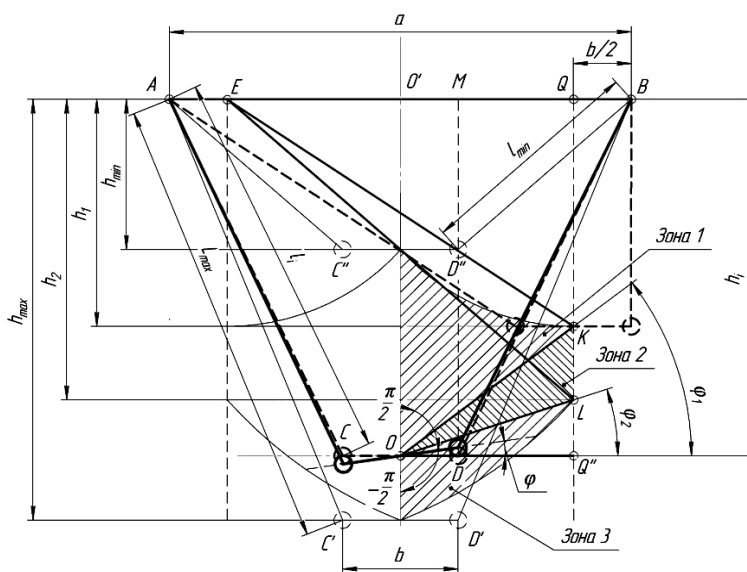
$$h_i = \sqrt{(BD \cdot i_i)^2 - \left(\frac{AB - CD}{2}\right)^2};$$



а)



б)



в)

Рисунок 2 – Розрахункові схеми

Джерело: розроблено авторами [7]

де $MB = \frac{AB-CD}{2} = \frac{a-b}{2}$ та $BD = l_i = BD' \cdot i_i = L_{\max} \cdot i_i$ – довжини сторін трикутника MBD (рис.2);

$i_i = \frac{BD}{L_{\max}} = \frac{l_i}{L_{\max}}$ – відношення поточної довжини штанг до максимальної можливої;

Підставляючи розміри МПС отримаємо :

$$h_i = \sqrt{(L_{\max} \cdot i_i)^2 - \left(\frac{a-b}{2}\right)^2}. \quad (2)$$

Згідно до вище наведених обмежень та залежно від зміни кута φ , за годинниковою стрілкою, зону обслуговування розділимо на три зони, а також відносно висоти h_i на три інтервали (рис.2) у наступних діапазонах. Тоді граничні значення h_i для першої зони будуть: $h_{1в}$ - верхнє значення, $h_{1н}$ - нижнє значення. Величини цих значень $h_{1в} = \sqrt{l_{\min}^2 - \left(\frac{a-b}{2}\right)^2}$ $h_{1н} = l_{\min}$. Для другої зони верхнє значення висоти дорівнює нижньому. Значення першої зони – $h_{1н} = h_{2в}$ нижнє значення цієї зони $h_{2н} = \sqrt{L_{\max}^2 - (a-b)^2}$ для третьої зони $h_{2н} = h_{3в}$ нижнє значення цієї зони $h_{3н} = \sqrt{L_{\max}^2 - \left(\frac{a-b}{2}\right)^2}$.

Визначимо кути, які є межами зон: у випадку коли права штанга відведена в крайнє праве положення та знаходиться у максимально втягнутому стані l_{\min} , кут лінії траєкторії переміщення точки центру платформи позначимо φ_1 та визначаємо за формулою:

$$\varphi_1 = \arctg \frac{h_i - QK}{OQ''} = \arctg \frac{h_i - l_{\min}}{\left(\frac{a-b}{2}\right)}.$$

У випадку коли права штанга знаходиться в крайньому правому положенні, а ліва штанга досягає максимального значення довжини L_{\max} , кут лінії траєкторії переміщення точки центру платформи позначимо φ_2 .

Для визначення кута φ_2 розглянемо трикутник EQI (рис.2), де величина його сторін: $EL=L_{\max}$; $EQ = a - b$;

$$QL = \sqrt{EL^2 - EQ^2} = \sqrt{L_{\max}^2 - (a-b)^2};$$

із трикутника $OQ''L$:

$$Q''L = h_i - QL;$$

Тоді кут нахилу платформи в цьому положенні буде:

$$\varphi_2 = \arctg \frac{Q''L}{OQ''} = \arctg \frac{h_i - \sqrt{L_{\max}^2 - (a-b)^2}}{\left(\frac{a-b}{2}\right)}. \quad (3)$$

Для першої зони $\frac{\pi}{2} > \varphi \geq \varphi_1$ (рис.3), рівняння довжини відрізка лінії (траєкторії), по якій відбувається переміщення центру ВО, визначатиметься таким чином:

$$TO = l_{\min} \cdot \frac{\sin\left(\left(\frac{\pi}{2} + \varphi + \arctg \frac{a-b}{2 \cdot h_i}\right) - \arcsin \frac{\sqrt{\left(\frac{a-b}{2}\right)^2 + h_i^2} \cdot \sin\left(\frac{\pi}{2} + \varphi - \arctg \frac{a-b}{2 \cdot h_i}\right)}{l_{\min}}\right)}{\sin\left(\frac{\pi}{2} - \varphi - \arctg \frac{a-b}{2 \cdot h_i}\right)};$$

Позначимо довжину відрізка в першій зоні l_1 :

$$l_1 = l_{\min} \cdot \frac{\cos\left(\left(\pm \varphi + \arctg \frac{a-b}{2 \cdot h_i}\right) \mp \arcsin \frac{\sqrt{\left(\frac{a-b}{2}\right)^2 + h_i^2} \cdot \cos\left(\varphi + \arctg \frac{a-b}{2 \cdot h_i}\right)}{l_{\min}}\right)}{\cos\left(\varphi + \arctg \frac{a-b}{2 \cdot h_i}\right)}; \quad (4)$$

До другої зони $\varphi_1 \geq \varphi \geq \varphi_2$ (рис.4), рівняння довжини відрізка лінії (траєкторії) по якій відбувається переміщення центру BO , визначатиметься:

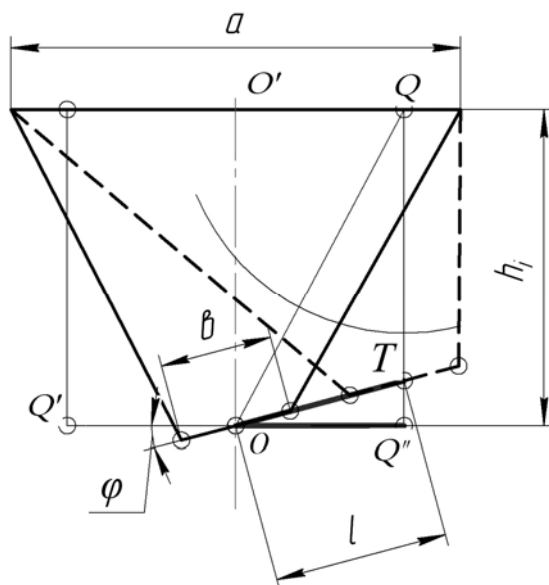


Рисунок 4 – схема розрахунку зони 2

Джерело: розроблено авторами [7]

З трикутника TOQ визначаємо сторону TO (рис.4)

$$TO = \frac{Q'O}{\cos(\angle Q'OT)} = \frac{a-b}{2 \cdot \cos \varphi}.$$

Позначимо довжину відрізка другій зоні l_2 :

$$l_2 = \frac{a-b}{2 \cdot \cos \varphi}. \quad (5)$$

Для третьої зони $\varphi_2 \leq \varphi < -\frac{\pi}{2}$ (рис.5), рівняння довжини відрізка лінії (траєкторії), по якій відбувається переміщення центру BO , визначатиметься:

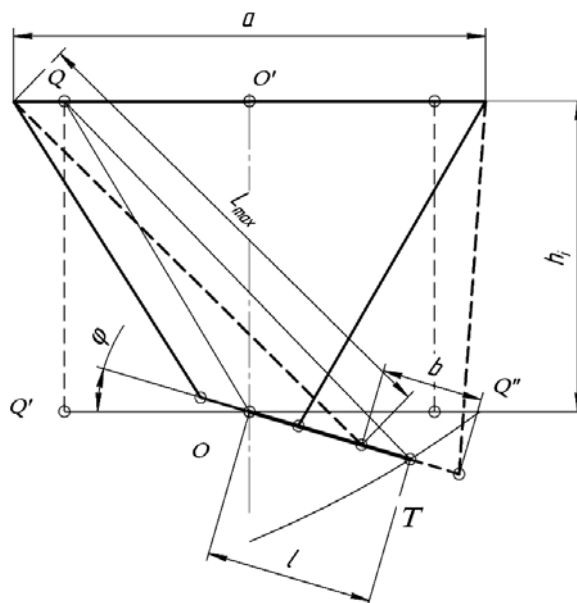


Рисунок 5 – схема розрахунку зони 3

Джерело: розроблено авторами [7]

З трикутника $O'QO$ (рис.5) маємо:

$$\angle O'QO = \arctg \frac{a-b}{2 \cdot h_i};$$

$$|OQ| = \sqrt{\left(\frac{a-b}{2}\right)^2 + h_i^2}.$$

Знаходимо кут TOQ :

$$\angle TOQ = \angle TOQ' + \angle Q'OQ,$$

$$\angle TOQ = (\pi + \varphi) + \left(\frac{\pi}{2} - \arctg \frac{a-b}{2 \cdot h_i}\right) = \frac{3\pi}{2} + \varphi - \arctg \frac{a-b}{2 \cdot h_i}.$$

За теоремою синусів визначаємо кут OTQ :

$$\frac{|TQ|}{\sin \angle TOQ} = \frac{|OQ|}{\sin \angle OTQ};$$

$$\angle OTQ = \arcsin \frac{|OQ| \cdot \sin \angle TOQ}{|TQ|} = \arcsin \frac{\sqrt{\left(\frac{a-b}{2}\right)^2 + h_i^2} \cdot \sin\left(\frac{3\pi}{2} + \varphi - \arctg \frac{a-b}{2 \cdot h_i}\right)}{L_{\max}}.$$

Знаходимо кут OQT :

$$\angle OQT = \pi - \angle TOQ - \angle OTQ;$$

$$\angle OQT = \pi - \left(\frac{3\pi}{2} + \varphi - \arctg \frac{a-b}{2 \cdot h_i}\right) - \arcsin \frac{\sqrt{\left(\frac{a-b}{2}\right)^2 + h_i^2} \cdot \sin\left(\frac{3\pi}{2} + \varphi - \arctg \frac{a-b}{2 \cdot h_i}\right)}{L_{\max}};$$

$$\angle OQT = \left(\frac{\pi}{2} - \varphi + \arctg \frac{a-b}{2 \cdot h_i}\right) - \arcsin \frac{\sqrt{\left(\frac{a-b}{2}\right)^2 + h_i^2} \cdot \sin\left(\frac{3\pi}{2} + \varphi - \arctg \frac{a-b}{2 \cdot h_i}\right)}{L_{\max}}.$$

За теоремою синусів визначаємо сторону TO :

$$\frac{|TO|}{\sin \angle OQT} = \frac{|TQ|}{\sin \angle TOQ}; \quad TO = |TQ| \cdot \frac{\sin \angle OTQ}{\sin \angle TOQ};$$

$$TO = L_{\max} \cdot \frac{\sin\left(-\frac{\pi}{2} - \varphi + \operatorname{arctg} \frac{a-b}{2 \cdot h_i}\right) - \arcsin \frac{\sqrt{\left(\frac{a-b}{2}\right)^2 + h_i^2} \cdot \sin\left(\frac{3\pi}{2} + \varphi - \operatorname{arctg} \frac{a-b}{2 \cdot h_i}\right)}{L_{\max}}}{\sin\left(\frac{3\pi}{2} + \varphi - \operatorname{arctg} \frac{a-b}{2 \cdot h_i}\right)}.$$

Позначимо довжину відрізка в третій зоні l_3 :

$$l_3 = L_{\max} \cdot \frac{\cos\left(\mp \varphi + \operatorname{arctg} \frac{a-b}{2 \cdot h_i}\right) \pm \arcsin \frac{\sqrt{\left(\frac{a-b}{2}\right)^2 + h_i^2} \cdot \sin\left(\frac{\pi}{2} - \varphi + \operatorname{arctg} \frac{a-b}{2 \cdot h_i}\right)}{L_{\max}}}{\cos\left(-\varphi + \operatorname{arctg} \frac{a-b}{2 \cdot h_i}\right)}. \quad (6)$$

Сумою визначається загальна довжина переміщення l :

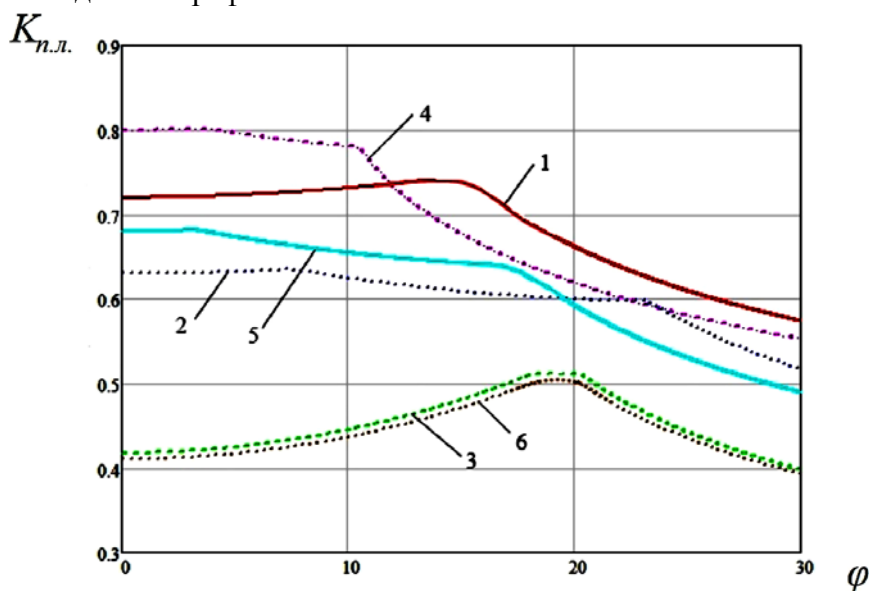
$$l = l_i + l_j. \quad (7)$$

Згідно цього K_{nl} визначається як:

$$K_{nl} = \frac{l_i + l_j}{L_{\max}}. \quad (8)$$

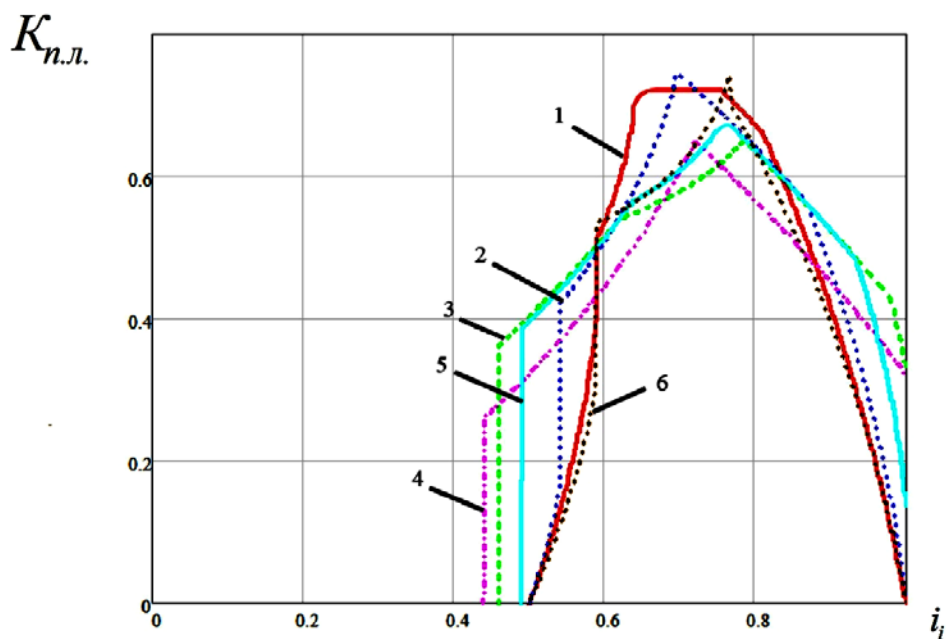
За даними рівняннями будемо графіки. Розглянемо вплив основних геометричних параметрів на рухові можливості МПС.

Вплив показника рухових можливостей штанг (i) та конструктивно – геометричних показників (n , m) на коефіцієнт лінійних переміщень (K_{nl}). Результати цих досліджень наведені на графіках 6 – 9.



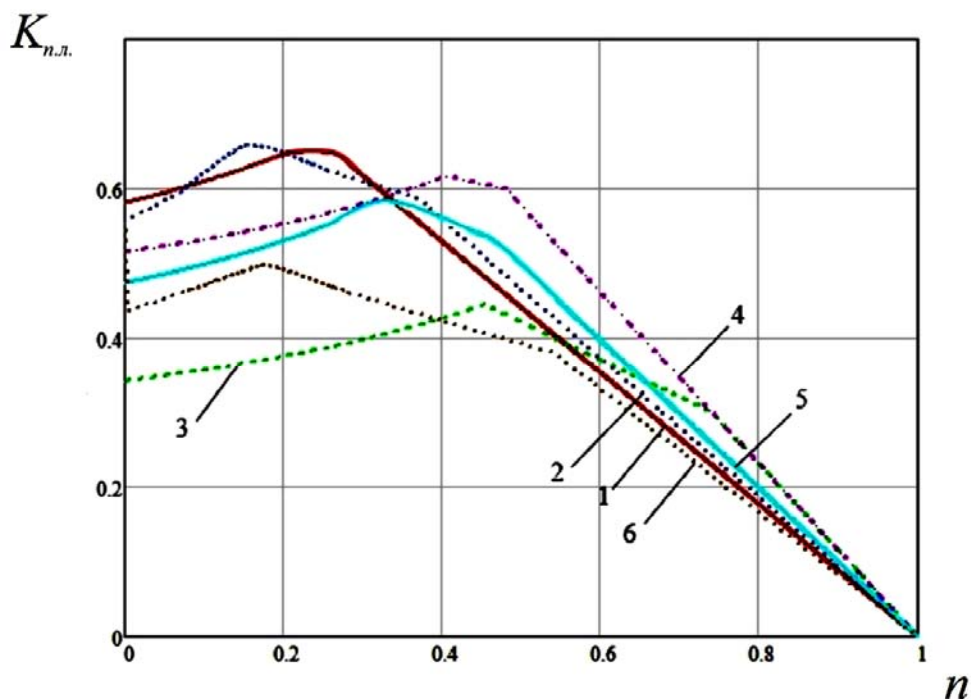
- 1) $m=0.8$ $n=0.1$ $i_{\min}=0.5$ $i_i=0.7$; 2) $m=0.9$ $n=0.2$ $i_{\min}=0.6$ $i_i=0.8$; 3) $m=1.0$ $n=0.3$ $i_{\min}=0.7$ $i_i=0.9$;
4) $m=1.0$ $n=0.1$ $i_{\min}=0.5$ $i_i=0.7$; 5) $m=0.9$ $n=0.2$ $i_{\min}=0.6$ $i_i=0.8$; 6) $m=0.8$ $n=0.3$ $i_{\min}=0.7$ $i_i=0.9$;

Рисунок 6 – Графік впливу кута нахилу на відносне переміщення
Джерело: розроблено авторами [7]



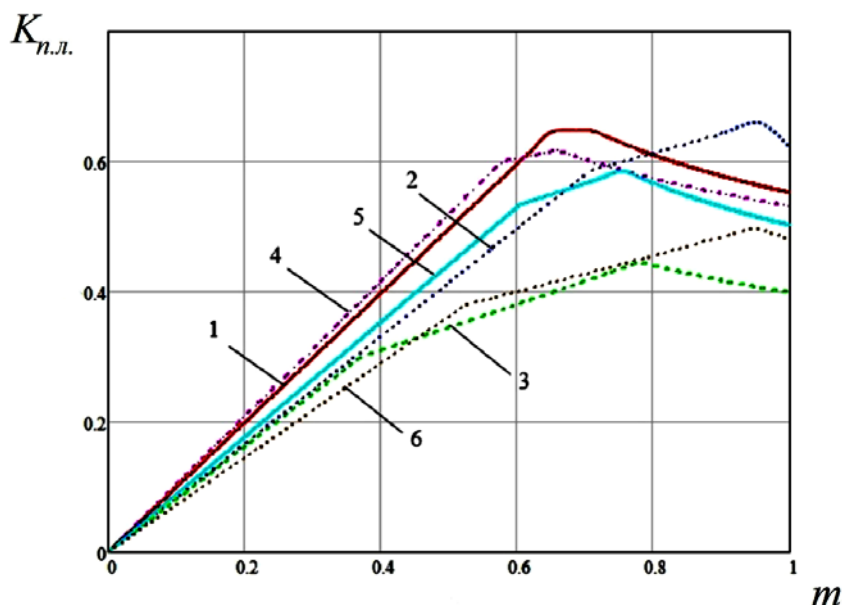
- 1) $\varphi=25^0$ $m=0.8$ $n=0,1$ $i=0.5$; 2) $\varphi=15^0$ $m=0.9$ $n=0,2$ $i=0.5$; 3) $\varphi=30^0$ $m=1.0$ $n=0,3$ $i=0.5$;
 4) $\varphi=30^0$ $m=1.0$ $n=0,1$ $i=0.5$; 5) $\varphi=25^0$ $m=0.9$ $n=0,2$ $i=0.5$; 6) $\varphi=15^0$ $m=0.8$ $n=0,3$ $i=0.5$;

Рисунок 7 – Графік впливу рухових можливостей штанг на відносне переміщення
 Джерело: розроблено авторами [7]



- 1) $\varphi=25^0$ $m=0.8$ $i_{min}=0.5$ $i_i=0.7$; 2) $\varphi=15^0$ $m=0.9$ $i_{min}=0.6$ $i_i=0.8$; 3) $\varphi=30^0$ $m=1.0$ $i_{min}=0.7$ $i_i=0.9$;
 4) $\varphi=30^0$ $m=0.8$ $i_{min}=0.5$ $i_i=0.7$; 5) $\varphi=25^0$ $m=0.8$ $i_{min}=0.6$ $i_i=0.8$; 6) $\varphi=15^0$ $m=0.8$ $i_{min}=0.7$ $i_i=0.9$;

Рисунок 8 – Графік впливу відношення відстані між верхніми та нижніми опорами МПС, на відносне переміщення
 Джерело: розроблено авторами [7]



- 1) $\varphi=25^{\circ}$ $n=0,1$ $i_{\min}=0,5$ $i_i=0,7$; 2) $\varphi=15^{\circ}$ $n=0,2$ $i_{\min}=0,6$ $i_i=0,8$; 3) $\varphi=30^{\circ}$ $n=0,3$ $i_{\min}=0,7$ $i_i=0,9$;
 4) $\varphi=30^{\circ}$ $n=0,1$ $i_{\min}=0,5$ $i_i=0,7$; 5) $\varphi=25^{\circ}$ $n=0,2$ $i_{\min}=0,6$ $i_i=0,8$; 6) $\varphi=15^{\circ}$ $n=0,3$ $i_{\min}=0,7$ $i_i=0,9$;

Рисунок 9 – Графік впливу відношення максимального переміщення штанг до розміру нерухомої платформи, на відносне переміщення

Джерело: розроблено авторами [7]

З приведених залежностей видно, що вплив рухових можливостей штанг на відносне переміщення надає приріст показника переміщення на ділянці показника від 0,45 до 0,65, далі йде ділянка на яку впливає кут нахилу лінії переміщення, при зменшенні якого збільшується переміщення, на ділянці 0,8 до 1 переміщення знову зменшується, це обумовлено складною геометрією зони обслуговування робочого простору верстату з МПС.

Щодо впливу відношення розмірів рухомої до нерухомої платформи, то на відносне переміщення маємо, що при збільшенні показника i збільшується початковий показник відносного переміщення, при значенні показника n починаючи з 0.6 його величина зменшується у всіх випадках.

Вплив відношення максимального переміщення штанг до розміру нерухомої платформи, на відносне переміщення має зворотний до попереднього характер. При збільшенні показника m збільшується показник відносного переміщення, при подальшому збільшенні показника m видно відчутне зменшення переміщення показника i при значенні менше 0.6.

Список літератури

1. Павленко І.І. Промислові роботи: основи розрахунку та проектування. Кіровоград: КНТУ, 2007. 420 с.
2. Струтинський В. Б., Кириченко А. М. Кінематичні залежності верстата з механізмом паралельної структури „БІГЛАЙД”. *Вібрації в техніці та технологіях*. 2008. №1 (50). С. 45-50.
3. Павленко І.І., Валявський І.А. Рухові характеристики верстатів з паралельною кінематикою. *Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація: зб. наук. пр. Кіровогр. нац. техн. ун-ту*. 2008. Вип. 21. С.304-3010.
4. Ширинкин М.А. Структурный анализ пространственных механизмов параллельной структуры с четырьмя и шестью степенями свободы. *Машиностроение и инженерное образование*. 2011. №2 С. 17-21.
5. Павленко І.І., Вахніченко Д.В., Годунко М.О. Аналіз впливу конструктивних параметрів МПК на рух платформи під кутом. *Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація: зб. наук. пр. Кіровогр. нац. техн. ун-ту*. 2011. Вип. 24, Ч. 1. С. 279–283.

6. Павленко І.І., Валявський І.А. Оцінка рухових можливостей гексаподу в напрямку перпендикулярному напрямку до осі його симетрії. *Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація: зб. наук. пр. Кіровоград. нац. техн. ун-ту.* 2009. Вип. 22. С. 3–10.
7. Павленко І.І., Костюк Є.С., Кислун О.А. Дослідження рухових можливостей МПС при здійсненні поперечного переміщення виконавчого органу під кутом. *Проблеми енергоефективності та автоматизації в промисловості та сільському господарстві: зб. тез доповідей міжн. наук.-практ. конф.* Кіровоград: КНТУ, 2015. С. 165–168.
8. Angeles J. *Fundamentals of Robotic Mechanical Systems: Theory, Methods and Algorithms* (Second Ed.). Springer, 2002. 520 p.
9. Merlet J.-P. *Parallel Robots*. Kluwer Academic Publishers, 2000. 372 p.

References

1. Pavlenko, I.I. (2007). *Promyslovi roboty: osnovy rozrakhunku ta proektivannia [Industrial robots: basics of calculation and design]*. Kirovohrad: KNTU [in Ukrainian].
2. Strutinsky, V.B. & Kirichenko A.M. (2008). Kinemayichny zalezhnosti verstata z mehanizmom paralelnoi strukturi „Biglight” [Kinematic dependencies of a machine with a parallel structure mechanism biglight]. *Vibrations in technologies and technologies, Vol .1 (50)*, 45-50 [in Ukrainian].
3. Pavlenko, I.I. & Valiavs'kyj, I.A. (2008). Rukhovi kharakterystyky verstativ z paralel'noiu kinematykoiu [Motor characteristics of machines with parallel kinematics]. *Tekhnika v sil's'kohospodars'komu vyrobnytstvi, haluzeve mashynobuduvannia, avtomatyzatsiia: zbirnyk nauk. prats' KNTU – Engineering in agricultural production, industry machine building, automation: Coll. Sciences. of KNTU, Vol. 21*, 304-310 [in Ukrainian].
4. Shirkin, M.A. (2011). Strukturniy analiz prostranstvennih mehanizmov paralelnoi strukturi s chetirmya i shestyuu stepenyami svobody [Structural analysis of spatial mechanisms of a parallel structure with four and six degrees of freedom]. *Mechanical Engineering and Engineering Education, Vol .2*, 17-21 [in Russian].
5. Pavlenko, I.I., Vakhnichenko, D.V. & Hodunko, M.O. (2011). Analiz vplyvu konstruktyvnykh parametriv MPK na rukh platformy pid kutom [Research of influence of design data on corners in support MPK]. *Tekhnika v sil's'kohospodars'komu vyrobnytstvi, haluzeve mashynobuduvannia, avtomatyzatsiia: zbirnyk naukovykh prats' KNTU – Engineering in agricultural production, industry machine building, automation: Coll. Sciences. of KNTU, Vol. 24, 1*, 279–283 [in Ukrainian].
6. Pavlenko, I.I. & Valiavs'kyj, I.A. (2009). Otsinka rukhovykh mozhlyvostej heksapodu v napriamku perpendykuliarnomu napriamku do osi joho symetrii [Estimation of the motor capabilities of a hexapod in the direction perpendicular to the axis of its symmetry]. *Tekhnika v sil's'kohospodars'komu vyrobnytstvi, haluzeve mashynobuduvannia, avtomatyzatsiia: zbirnyk naukovykh prats' KNTU – Engineering in agricultural production, industry machine building, automation: Coll. Sciences. of KNTU, Vol. 22*, 3–10 [in Ukrainian].
7. Pavlenko, I.I., Kostiuk, Ye.S. & Kyslun, O.A. (2015). Doslidzhennia rukhovykh mozhlyvostej MPS pry zdijsnenni poperechnoho peremischennia vykonavchoho orhanu pid kutom [Investigation of the motor capabilities of the IPU during the transverse movement of the executive body at an angle]. *Problems of energy efficiency and automation in industry and agriculture : Mizhn. nauk.-prakt. konf. – International Scientific and Practical Conference.* (pp. 165-168). Kirovohrad: KNTU [in Ukrainian].
8. Angeles, J. (2002). *Fundamentals of Robotic Mechanical Systems: Theory, Methods and Algorithms* (Second Ed.). Springer [in English].
9. Merlet, J.-P. (2000). *Parallel Robots*. Kluwer Academic Publishers [in English].

Ivan Pavlenko, Prof., DSci, **Maksym Hodunko**, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Oleg Kyslun**, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Evhen Kostyuk**, post-graduate

Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine

Research Motor Capabilities of the Executive Authority (MP) PKM When Making Cross Motion Angle

For the manufacture of parts of complex shapes, it becomes necessary to move the cutting tool along the line at a certain angle. For this, machines equipped with mechanisms of parallel structure are used. Only a study of the movable capabilities of these mechanisms makes it possible to introduce them into production. The studies focus on the transverse movement of the center of the moving platform of the parallel structure mechanism for a hexapod machine, as a material point moving along a line depending on the angle of contact of the tool and the perpendicular to the plane of the work surface (axis of symmetry of the mechanism).

To determine the possible positions of the center of the moving platform, we consider a generalized scheme of the parallel structure mechanism. Given the restrictions on movement, the area of possible positions is divided into zones: Z_{rp} - without a cutting tool; Z_{ri} - the zone of positions of the top of the instrument. The part

that is being processed is installed on the technological device, which is placed on the basis of a parallel structure mechanism. Parameters of a machine with a parallel structure mechanism: a , b - distance between the supports of the stationary carrier system and the executive body, respectively; L_{max} is the maximum length of the kinematic links; l_{min} is the minimum length of the kinematic links; l_i is the current length of the kinematic links; l is the magnitude of the transverse movement; φ is the angle of inclination of the executive body; h_i is the current position of the executive body of the mechanism of the parallel structure in height. The assessment of motor capabilities is determined by the displacement index, which is the ratio of the actual displacement value l to the theoretically possible one (taken equal to the maximum rod length L_{max}).

From the above dependencies it is seen that the influence of the motor capabilities of the rods on the relative displacement provides an increase in the displacement index in the indicator section from 0.45 to 0.65, then the section that is affected by the slope of the displacement line, with a decrease in which the displacement in the area of 0.8 up to 1 movement decreases again, this is due to the complex geometry of the service area of the working space of the machine with a parallel structure mechanism. On the effect of the ratio of the sizes of the movable to the fixed platform on the relative displacement, we have that with an increase in the indicator, the initial indicator of the relative displacement also increases, with a value of the exponent n starting from 0.6 its value decreases in all cases. The influence of the ratio of the maximum displacement of the rods to the size of the fixed platform, on the relative displacement has the opposite of the previous character. With an increase in the indicator m , the relative displacement indicator increases, with a further increase in the indicator m , it can be seen that significantly decreases the displacement indicator and with a value less than 0.6.

parallel structure mechanism, machine tool, hexapod

Одержано (Received) 04.07.2020

Прорецензовано (Reviewed) 06.08.2020

Прийнято до друку (Approved) 19.10.2020

УДК 621.787.4

DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2020.3\(34\).129-135](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2020.3(34).129-135)

В.О. Дзюра, доц., канд. техн. наук

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, м. Тернопіль, Україна

e-mail: volodymyrdzyura@gmail.com

Класифікація частково регулярних мікрорельєфів, сформованих на торцевих поверхнях тіл обертання

В статті проведено аналіз відомих класифікацій регулярних мікрорельєфів по наукових публікаціях та нормативних документах. Проаналізовані параметри за якими класифікують регулярні мікрорельєфи і їх характеристики. Встановлено відсутність інформації про класифікацію частково регулярних мікрорельєфів, що сформовані на торцевих поверхнях тіл обертання як нового класу мікрорельєфів. Запропонована класифікація розкриває множину варіантів реалізації частково регулярних мікрорельєфів, що сформовані на торцевих поверхнях тіл обертання та їх характеристики.

частково регулярний мікрорельєф, канавка, профіль, класифікація, параметр, ознака

В.О. Дзюра, доц., канд. техн. наук

Тернопольский государственный технический университет имени Ивана Пулюя, г. Тернополь, Украина

Классификация частично регулярных микрорельеф, сформированных на торцевых поверхности тел вращения

В статье проведен анализ известных классификаций регулярных микрорельефов по научным публикациям и нормативным документам. Проанализированы параметры по которым классифицируют регулярные микрорельефы и их характеристики. Установлено отсутствие информации о классификации частично регулярных микрорельефов, сформированных на торцевых поверхностях тел вращения как нового класса микрорельефов. Предложенная классификация раскрывает множество вариантов реализации частично регулярных микрорельефов, сформированных на торцевых поверхностях тел вращения и их характеристики.

частично регулярный микрорельеф, канавка, профиль, классификация, параметр, признак